

PUNA-APILASÄILÖREHUN VAIKUTUS MAIDONTUOTANTOON



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Mustiala, Maaseutuelinkeinojen koulutus

Kevät 2017

Milja Korjus

Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma
Mustiala

Tekijä	Milja Korjus	Vuosi 2017
Työn nimi	Puna-apilasäilörehun vaikutus maidontuotantoon	

TIIVISTELMÄ

Puna-apila on nurmipalkokasvi, jonka typensidontakyvyn ansiosta on mahdollista saada säästöä alati kasvavissa ostolannoitekustannuksissa. Lisäksi se omaa hyvän esikasviarvon. Viljely tapahtuu seoksissa yleensä heinäkasvien kanssa, mikä turvaa puna-apilan heikompaa talvehtimiskykyä ja taudinkestävyyttä heinäkasveihin verrattuna.

Lypsylehmien ruokinnassa puna-apila lisää rehujen syöntiä. Sillä on nykytietämyksen valossa positiivinen vaikutus myös maitotuotokseen. Puh-
taalla puna-apilaruokinnalla maidon pitoisuudet saattavat laskea, mutta energiakorjattu maitotuotos (EKM) pysyy nousseen maitotuotoksen ansiosta samalla tasolla heinäkasviruokintojen kanssa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko puna-apilan käytön lisäämistä lypsykarjatiloiilla suositella. Työn toimeksiantaja oli Luonnonvarakeskus. Työssä tarkasteltiin puna-apilan vaikutuksia maidontuotantoon keväällä 2016 tehdyssä ruokintakokeessa. Kokeessa oli kolme eri seosrehuruokintaa, joista kaksi perustui heinäkasvisäilörehuun ja yksi puhtaaseen puna-apilasäilörehuun. Väkirehun osuus heinäkasviruokintoilla oli joko 30 % tai 70 % ja puna-apilaruokinnalla 50 %.

Puna-apilaruokinnalla valkuaistuotos laski, rasvatuotos pysyi samalla tasolla ja laktoosituotos nousi muihin koeruokintoihin verrattuna. Väkirehua 50 % sisältävällä puna-apilaruokinnalla maitotuotos oli yhtä korkea kuin heinäkasviruokinnalla, jossa väkirehun osuus oli 70 %. Tämä kertoo puna-apilan erittäin positiivisesta vaikutuksesta maitotuotokseen. Vaikka eri väkirehutasot vaikeuttivatkin tulosten tulkintaa, tulokset ovat puna-apilaruokinnan osalta vertailukelpoisia kirjallisuudessa raportoitujen tutkimustulosten kanssa.

Avainsanat puna-apila, typensidonta, säilörehu, maidontuotanto, ruokintakoe

Sivut 28 sivua

Degree Programme in Agricultural and Rural Industries
Mustiala

Author	Milja Korjus	Year 2017
Subject	Effect of red clover silage on milk production in lactating cows	

ABSTRACT

The nitrogen capturing properties of red clover help to reduce fertilizer costs and give an excellent value for it as preceding crop in rotation. Red clover is grown in mixtures, usually with grasses, which overcomes the problems related to weaker overwintering properties and plant disease resistance of red clover compared to grasses.

Red clover increases silage intake in dairy cow feeding. According to current knowledge it also has a positive effect on milk yield. Fed alone red clover may decrease milk fat and protein concentrations, but because of the increased milk yield, energy corrected milk yield (ECM) does not decrease compared to grasses.

The aim of this thesis was to find out if the increased use of red clover on dairy farms could be recommended. The commissioner of the thesis was Natural Resources Institute Finland. This thesis studies the effects of red clover on milk production in a dairy cow feeding experiment conducted in spring 2016. The experiment had three diets, of which two were based on grass silage and one on red clover silage. All diets had different forage-to-concentrate ratios (F:C; 70:30 and 30:70 for grass silage diets, and 50:50 for red clover silage).

Milk protein secretion decreased, fat secretion did not change and lactose secretion increased with red clover diet compared to the other diets. The results showed that milk yield was comparable with red clover silage based diet containing 50 % of concentrates and grass silage based diet containing 70 % of concentrates. These findings suggest that red clover has a very positive impact on milk production. The interpretation of the results was difficult due to the complexity of the study design. However, the results reported in this investigation are consistent with earlier reports in literature.

Keywords red clover, nitrogen capturing, silage, milk production, experiment

Pages 28 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	PUNA-APILAN VIJELYSTÄ	2
2.1	Puna-apilan kasvupaikkavaatimukset	2
2.2	Puna-apilan viljely	3
2.3	Puna-apilan typensidontakyky	4
3	PUNA-APILA REHUKASVINA	5
3.1	Puna-apilan koostumus ja rehuarvot	5
3.2	Puna-apilan korjuuajankohta	7
3.3	Puna-apilapitoisen rehun säilöntä	8
4	PUNA-APILASÄILÖREHU LYPSELEHMIEN RUOKINNASSA	8
4.1	Puna-apilan vaikutus syöntiin	8
4.2	Valkuaisen hyväksikäyttö lypsylehmillä	10
4.3	Puna-apilan vaikutus hedelmällisyyteen ja terveyteen	11
5	PUNA-APILAN VAIKUTUS MAIDONTUOTANNOSSA	12
5.1	Vaikutus maitotuotokseen ja maidon koostumukseen.....	12
5.2	Vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen	12
5.3	Vaikutus maidon ureapitoisuuteen.....	13
6	TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TOTEUTUS	14
6.1	Tutkimuksen tavoitteet.....	14
6.2	Fysiologisen ruokintakokeen toteutus	14
7	TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	17
7.1	Syönti ja ravintoaineiden saanti.....	17
7.2	Maitotuotos ja maidon koostumus.....	18
8	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	21
	LÄHTEET	23

1 JOHDANTO

Puna-apila on erinomainen kotimaisen valkuaisen lähde. Sen käyttöä lypsylehmien ruokinnassa olisi varaa lisätä. Luomutuotannossa sitä käytetään laajalti, mutta tavanomaisessa tuotannossa käyttö on tällä hetkellä hyötyihin nähden suhteellisen vähäistä.

Viljeltäessä puna-apilaa typpilannoituksen tarve vähenee. Puna-apila on hyödyllinen kasvi viljelykierrossa, sillä typensidonnan lisäksi se parantaa maan rakennetta. Sen D-arvo laskee myös hitaammin kuin heinäkasvien, mikä tuo joustoa korjuuajankohtaan. Monesti liialla typpilannoituksella saadaan puna-apila häviämään nurmista. Puna-apilalla on omia erityispiirteitä, jotka on hyvä ottaa huomioon käytettäessä sitä lypsylehmien ruokinnassa.

Työhön sisältyi ravitsemusfysiologinen ruokintakoe, joka tehtiin Luonnonvarakeskuksen Jokioisten toimipisteessä. Ruokintakokeen käytännön toteutuksessa mukana oleminen tutkimusapulaisen tehtävissä herätti kiinnostuksen puna-apilan ruokintavaikutuksia kohtaan. Ruokintakokeen tavoitteet olivat muun muassa selvittää eri koeruokintojen vaikutukset lypsylehmien metaanintuotantoon, rehujen syöntiin, ravintoaineiden saantiin, maitotuotokseen ja maidon koostumukseen. Tässä opinnäytetyössä lypsylehmien metaanintuotanto jätetään tarkastelun ulkopuolelle ja keskitytään selvittämään puna-apilan vaikutuksia maidontuotantoon.

Koeruokintoja oli kolme. Heinäkasvisäilörehuruokintoilla oli kaksi eri väkirehutasoa: karkearehuvaltaisella ruokinnalla väkirehuprosentti oli 30 ja väkirehuvaltaisella ruokinnalla väkirehuprosentti oli 70. Puna-apilaruokinnalla ainoana karkearehuna oli puna-apilasäilörehu ja ruokinnan väkirehutaso oli 50.

Vaikka ruokintakokeessa syötettiin puhtaasta puna-apilakasvustosta tehtyä säilörehua, sitä ei ole tarkoituksena viedä käytäntöön. Työn tavoitteena on selvittää, voidaanko puna-apilan käytön lisäämistä säilörehujen raaka-aineena suositella lypsykarjatiljoilla.

Tällä hetkellä kiinnostus käyttää kotimaista valkuaista eläinten ruokinnassa on huimassa kasvussa. Sen sijaan, että aina tarkasteltaisiin uusia Suomeen tulevia kasveja, voi joskus olla paikallaan suunnata katsetta jo olemassa oleviin ja Suomen oloihin sopeutuneisiin viljelykasveihin ja niiden käyttöön eläinten ruokinnassa.

2 PUNA-APILAN VIJELYSTÄ

2.1 Puna-apilan kasvupaikkavaatimukset

Puna-apila (*Trifolium pratense*) on satoisin ja viljeltyin nurmipalkokasvi Suomessa. Kasvupaikan valinta on avaintekijä sen menestykseen. Puna-apila kasvaa parhaiten kivennäismailla, joilla on toimiva vesitalous. (Sipilä & Nykänen 2006; Hakala & Yli-Mattila 2007, 11.)

Pitkän paalujuurensa ansiosta puna-apila kestää hyvin pitkiä poutajaksoja. Pellolla seisovaa vettä se ei siedä, kuten ei myöskään korkealla olevaa pohjavettä. Epäsuotuisia kasvupaikkoja puna-apilalle ovat peltojen pohjoisrinteet, metsän reunat ja pellon painanteet. Syynä tähän on se, että puna-apilan kasvitaudit iskevät, mikäli kasvusto pääsee liian kosteaksi. (Niskanen 2016, 74; Sipilä & Nykänen 2006; Hakala, Nykänen & Yli-Mattila 2007.)

Pellon pH:n ollessa 6–7 suurin osa tärkeistä ravinteista on parhaiten kasvin saatavilla. Puna-apilan viljelyyn optimaalisena pellon pH:na pidetään väliä 5,7–5,9. Tällöin tärkeä hivenravinne rauta on hyvin puna-apilan saatavilla. Jos pellon pH on alle 5,5, typensidonnin mahdollistavien juurinsytyröbakteerien toiminta huononee. Tällöin pellon kalkitseminen on välttämätöntä, mikäli siinä halutaan viljellä puna-apilaa. (Hakala ym. 2007.)

Puna-apila vaatii viihtyäkseen erityisesti lisäfosforia ja -kaliumia. Käyttö määräytyy maan viljavuusluokan mukaan. Kaliumin saannista on huolehdittava erityisesti kivennäismailla, sillä se varmistaa apilan talvehtimistä. Lisäksi puna-apila tarvitsee booria, rautaa, molybdeeniä, mangaania, kobolttia ja kuparia. (Hakala & Yli-Mattila 2007, 12; Nykänen 2011, 32.)

On olemassa näyttöä siitä, että pellon orgaanisen aineksen määrän ollessa suurempi ja mikrobiston toiminnan ollessa vilkkaampaa puna-apilan sienitautien kestävyys on paremmalla tasolla kuin vähemmän orgaanista ainesta sisältävillä peltolohkoilla. Esiin on noussut myös multavan maan taudeilta suojaavien mikrobien merkitys puna-apilan kasvuun ja säilymiselle nurmessa. (Hakala & Yli-Mattila 2007, 11.)

Puna-apila on erittäin arka jääpölteelle ja vesipeitolle, jotka estävät maan kaasunvaihdon ja aikaansaavat anaerobisen stressin (Kuva 1). Kylmyys siirtyy helposti jään läpi, minkä vuoksi kylmyysstressi lisääntyy. Kaikkia talvehtimisongelmia on mahdollista vähentää hoitamalla maan vesitalous kuntoon ja tasoittamalla pellon pinta. (Puurunen 2010, 55–57.)



Kuva 1. Vahingolliset olosuhteet puna-apilanurmelle (Korjus 2017).

2.2 Puna-apilan viljely

Puna-apila suositellaan perustettavaksi suojakasvin kanssa. Tällöin talvi-tuhoriski pienenee, sillä suojakasvin sänki kerää lunta, suojaa pakkasvaurioilta ja ehkäisee jääpoltevaurioiden syntymistä. Suojakasviksi sopii erityisen hyvin vihantarehut ja kokoviljasäilörehuksi korjattava vilja. Ne korjataan aikaisin, jonka jälkeen puna-apila saa valoa ja vahvistuu ennen talvea. (Nykänen 2011, 29–30.)

Nurmen rikkakasvien torjunnassa kriittisimmät vaiheet ovat perustamis- ja lopettamisvaiheessa. Rikkakasvit vievät pääsatokasvilta ravinteita, vettä ja kasvutilaa sekä heikentävät sadon laatua. Puna-apilan viljelyssä haasteena on rikkakasvien torjunta, sillä sopivia rikkakasvivalmisteita löytyy vain muutamia ja jos lohko sijaitsee pohjavesialueella, ei sitäkään. Rikkakasvien torjunnassa avainasemaan nousee nurmen perustamisen onnistuminen täystiheän kasvuston saamiseksi. Suojavilja ei saa päästä lakoon tumaan, sillä rikkakasvit pesiytyvät laon aiheuttamiin aukkopaikeihin, joissa nurmen oraat ovat tuhoutuneet. Monivuotisista rikkakasveista monet ovat arkoja muokkaukselle ja kyntämiselle. Niiden torjumisesta huolehditaankin nurmen perustamisen yhteydessä. Torjuntaa osaltaan helpottaa se, että nurmikasvustot niitetään usein. (Puurunen, Virkajärvi & Nykänen 2010, 49–54.)

Hakalan ym. (2007) mukaan suurin kompastuskivi apilan viljelyssä on kasvitaudit. Apilan tautien, apilamädän ja juurilahon, ehkäisyssä viljelykierto on keskeinen asia. Saastuneella loholla on pidettävä useamman vuoden tauko apilan viljelyssä (Hakala & Yli-Mattila 2007, 11). Seosnurmessa heinä hidastaa puna-apilan tautien leviämistä. Muita huomioon otettavia asioita ovat lajikevalinnat ja viljelymenetelmät. Esimerkkinä hyvästä viljelymenetelmästä on perustamisvaiheessa kylvää suojavilja tavallista har-

vempan, jotta se ei aiheuta tiheää, tauteja suosivaa kasvustoa (Hakala & Yli-Mattila 2007, 12).

Puna-apilan talvenkestävyyttä voidaan parantaa lajikevalinnalla. Talvenkestäviä lajikkeita ovat esimerkiksi Betty, Bjursele, SW Torun ja SW Yngve. Lajikevalinnalla voidaan vaikuttaa myös apilamädän riskiin, sillä myöhäinen lajike on kestävämpi apilamätää vastaan kuin aikainen lajike. (Niskanen 2016, 75; Hakala & Yli-Mattila 2007, 14)

Puna-apilan maata parantava ja ravinnetaloutta tehostava juuristovaikutus on merkittävä, sillä juuret vapauttavat ravinteita maasta, parantavat maan rakennetta ja toimivat pieneliöstön ravintona. Tässä monivuotiset puna-apilakasvustot ovat juuristovaikutuksiltaan ylivoimaisia verrattuna yksivuotisiin puna-apilakasvustoihin, jotka tulevat kyseeseen viherlannoituksessa. Esikasvina puna-apila on erinomainen ja se on erityisesti savi- mailla hyvä maankuohkeuttaja. (Kotimäki 2015, 77–79; Seuri & Saarnia 2016.)

2.3 Puna-apilan typensidontakyky

Puna-apilalla on kyky sitoa ilmakehän typpeä, mikä vaikuttaa sen lannoitustarpeeseen. Typensidontakyky perustuu *Rhizobium*-suvun juurinystrybakteereihin, jotka sitovat isäntäkasvilta saamiensa yhteyttämistuotteiden energian avulla ilmakehän typpeä (N_2) kasveille käyttökelpoiseen ammoniumtypen (NH_4^+) muotoon. Tämä symbioosi mahdollistaa sen, että puna-apila on typpiomavarainen kasvi. Muut kasvit saavat osansa sidotusta timestä puna-apilan maatuviin kasvosien kautta. Mikäli lohkolle ei ole ollut samaa palkokasvia viiteen vuoteen, siemenen ymppeys bakteerilla varmistaa typensidontaa. (Yli-Halla 2009, 17; Sipilä & Nykänen 2006; Stoddard 2011, 41.)

Biologista typensidontaa häiritsee typpilannoitus. Sitä kuitenkin tehdään apilapitoisten nurmien seosviljelyssä, sillä apila ei luovuta typpeä riittävästi heinäkasveille. Lisähaittana runsas typpilannoitus rehevöittää heinäkasvien kasvua, jolloin apila saattaa jäädä kilpailussa toiseksi ja kadota seosnurmesta. Näin tapahtuu yleensä parin ensimmäisen viljelyvuoden jälkeen. (Sipilä & Nykänen 2006; Hakala & Yli-Mattila 2007, 12.)

Typpilannoituksessa säästää sekä puna-apilan viljelyvuosina että seuraavaa kasvia lannoitettaessa. Puna-apila jättää maaperään typpeä, joka on seuraavan viljelykasvin käytettävissä. Puna-apilan typpiomavaraisuus on merkittävä ominaisuus, sillä nurmituotannossa typpilannoituksen taso on noin kaksinkertainen verrattuna viljanviljelyyn (Virkajärvi, Saarijärvi & Nykänen 2010, 65). Kolmas kerta, kun kustannuksissa säästetään, on puna-apilan valkuaispitoisuuden aikaansaama pienempi ostovalkuaisen tarve eläinten ruokinnassa.

Puna-apilakasvuston vuotuinen typensidontapotentiaali hehtaaria kohti vaihtelee 50–200 kg:n välillä. Noin kolmasosa sidotusta tyypestä jää peltoon, sillä kaksi kolmasosaa poistuu korjattavan sadon mukana. Apilapitoisuuden olisi hyvä olla vähintään 40–50 % nurmen kuiva-ainesadosta, jotta apila sitoo riittävästi tyypeä seuraavankin kasvin käyttöön. (Nykänen 2007, 22; Hakala ym. 2007.)

3 PUNA-APILA REHUKASVINA

3.1 Puna-apilan koostumus ja rehuarvot

Puna-apilakasvustosta tehdyn säilörehun koostumus poikkeaa verrattaessa sitä heinäkasvisäilörehuun (Taulukko 1). Puna-apilasäilörehun kuiva-ainepitoisuus (KA-pitoisuus) ja sokeripitoisuus ovat tavallisesti pienemmät kuin heinäkasveilla. Kivennäiset sisältävän epäorgaanisen aineen eli tuhkan pitoisuus on suurempi puna-apilasäilörehussa kuin heinäkasvisäilörehussa. D-arvo laskee puna-apilalla hitaammin kuin heinäkasveilla. (Kuoppala & Hinkkanen n.d.; Jaakkola 2010, 53.)

Taulukko 1. Rehujen koostumuseroja. (Luke Rehutaulukot 2015.)

		Heinäkasvisäilörehu, 1. sato, aik/norm korjuu	Puna-apilasäilörehu, 1. ja 2. sato, norm
KA	g/kg KA	250	250
D-arvo	g/kg KA	690	650
NDF-kuitu	g/kg KA	550	370
Sulamatonta kuitua	g/kg KA	67	88
Tuhka	g/kg KA	80	110
Sokeri	g/kg KA	50	40

Soluseinäkuuden (neutraalidetergenttikuitu eli NDF) osuus on apilapitoisessa rehussa pienempi kuin heinäkasveilla. Kuidun osuuteen voi vaikuttaa korjuuajankohdan valinnalla. NDF-kuidun koostumus on puna-apilalla erilainen verrattuna heinäkasvien NDF-kuituun. Sulamatonta kuitua (iNDF) on enemmän ja sulavaa kuitua vähemmän. Sekä heinäkasveilla että puna-apilalla iNDF-kuidun osuus kasvaa kasvuston vanhetessa, mutta puna-apilalla osuus kasvaa vielä nopeammin. Hissan (2013) mukaan iNDF-kuitu toimii hyvin pötsissä, mutta se laskee rehun energiapitoisuutta. (Kuoppala, Ahvenjärvi, Rinne & Vanhatalo 2006, 72.)

Nurmipalkokasvien kivennäiskoostumus on erilainen kuin heinäkasvien (Taulukko 2). Puna-apilalla erityisesti kalsiumin määrä on moninkertainen verrattuna heinäkasveihin. Magnesiumia on myös enemmän, ja kaliumia puolestaan vähemmän kuin heinäkasveissa (Konsti 2003). Puna-apilan fosforipitoisuus on merkittävästi pienempi kuin heinäkasvien, ja siksi pu-

na-apilan valkuais täydennykseksi sopii erityisen hyvin runsaasti fosforia sisältävä rypsi. (Tuori, Kuoppala, Pursiainen & Munck 2006, 223.)

Taulukko 2. Kivennäispitoisuuksien eroja. (Luke Rehutaulukot 2015.)

		Heinäkasvisäilö- rehu, 1. sato, aik/norm korjuu	Puna- apilasäilörehu, 1. ja 2. sato, norm
Kalsium (Ca)	g/kg KA	3,8	14,0
Fosfori (P)	g/kg KA	3,2	2,3
Magnesium (Mg)	g/kg KA	1,7	2,7
Kalium (K)	g/kg KA	31	27

Kemiallisen koostumuksen perusteella lasketaan rehuarvot (Valio 2016). Rehuarvolla kuvataan rehun arvoa kotieläinten ruokinnassa. Tavoitteena on saada niiden avulla eri rehuista vertailukelpoisia. Tärkeimpiä arvoja ovat rehun energia- ja valkuaisarvo. (Rinne & Nousiainen 2010, 75.)

Koostumuksen lisäksi myös rehuarvoissa on eroa puna-apila- ja heinäkasvisäilörehujen välillä. Puna-apilalla raakavalkuaispitoisuus on suurempi kuin heinäkasveilla. Heinäkasveihin verrattuna puhtaasta puna-apilaurmesta tehdyssä säilörehussa OIV- ja PVT-arvot ovat selkeästi suuremmat (Taulukko 3). Puna-apila on siis ennen kaikkea valkuaiskasvi. OIV-arvo kertoo ohutsuolessa imeytyvien aminohappojen määrästä ja PVT-arvo kuvaa rehun valkuaisen riittävyyttä pötsimikrobien tarpeeseen nähden. (Valio 2016.)

Taulukko 3. Energia- ja valkuaisarvojen eroja. (Luke Rehutaulukot 2015.)

Rehu	KA	D-arvo	ME	OIV	PVT
	g/kg KA	g/kg KA	MJ/kg KA	g/kg KA	g/kg KA
Heinäkasvisäilörehu, 1.sato, aik. korjuu	250	720	11,5	88	39
Puna-apilasäilörehu, 1. ja 2. sato, aik.	250	700	11,2	101	85
Heinäkasvisäilörehu, 2. sato	250	650	10,4	80	36
Puna-apilasäilörehu, 1. ja 2. sato, norm.	250	650	10,4	93	71

Artturi-säilörehuanalyysijä teetetään tiloilla laajalti ympäri Suomen. Tilastojen mukaan vuonna 2015 ja 2016 analysoituja apilapitoisia säilörehuja oli 21 % kaikista näytteistä. Lukema voi näyttää alakanttiin riippuen siitä, onko kaikkiin vähänkin apilaa sisältäviin analyysihin merkitty, että ne ovat apilapitoisia. Luomussa tilanne on toinen, vuonna 2016 apilapitoisia analysoituja näytteitä oli 73 % kaikista näytteistä. (Nyholm 2017.)

3.2 Puna-apilan korjuuajankohta

Nurmipalkokasvien oikea korjuuaika säilörehuksi on nyrkkisäännön mukaan silloin, kun kukan väri alkaa näkyä (Nykänen 2011, 33). Puna-apilan korjuussa on hyvä huomioida, että apilan kehitysrytmi on hitaampi kuin heinäkasvien. Nurmen apilapitoisuuden ollessa noin 50 % saavutetaan ensimmäisessä sadossa D-arvo 690 g/kg KA noin viikkoa myöhemmin kuin puhtaassa heinäkasvustossa (Nousiainen, Niskanen, Kainulainen & Toivakka 2010, 76). On kuitenkin huomioitava, että apila ei paranna seoksessa heinäkasvien sulavuutta. Korjuuajakäytöstä tehtäessä on siis tiedettävä ja huomioitava nurmen apilapitoisuus. (Rinne, Nykänen, Nyholm & Nousiainen 2007.)

Kesän edetessä puna-apila valtaa alaa kasvustossa (Kuva 2), vaikka kasvuun lähtö keväällä onkin hitaampaa kuin heinäkasvien. D-arvon muutokset ovat toisessa sadossa hitaampia kuin ensimmäisessä, jolloin päätöksen korjuuajankohdasta voi tehdä muun kuin D-arvon perusteella, esimerkiksi sadon määrän ja sääolojen mukaan. (Nykänen 2011, 29; Rinne ym. 2007.)



Kuva 2. Puna-apilan jälkikasvukyky on hyvä (Korjus 2016).

Puna-apila on kahden niittokerran kasvi. Heinäkasvin ehdoilla tapahtuva rehunkorjuu ei suosi apilaa, sillä apilan talvehtimisominaisuuksien kehittymisen kannalta viimeinen niitto tapahtuu liian myöhään. Ravintovaras- tojen on oltava täynnä talven tullessa, jotta puna-apila voi kunnolla karaistua ja energiaa riittää talvenaikaisiin elintoimintoihin sekä keväällä kasvuun lähtöön. Talvituhosienet iskevät helpommin kasvustoon, jonka karaistuminen on epäonnistunut ja jonka hiilihydraattivarastot ovat vähäiset. Riski huonoon talvehtimiseen on suurempi myös silloin, kun syksyllä pellolle jää liian rehevä kasvusto. (Nykänen 2011, 33; Nissinen 2007.)

3.3 Puna-apilapitoisen rehun säilöntä

Puna-apilasäilörehun raaka-ainekoostumus on erilainen ja siksi sen säilöntää pidetään haastavampana kuin heinäkasvien säilöntää. Heinäkasveihin verrattuna puna-apilan sokeripitoisuus on pienempi ja pH:n laskua vastustava puskurikapasiteetti suurempi. Orgaanisia happoja, valkuaista ja kivennäisaineita on enemmän, mikä lisää puskurikapasiteettia. Puskurikapasiteetin takia säilöntäaineen käyttösuositus on vähintään kuusi litraa tonnille (Vallinhovi 2017). (Vanhatalo, Kuoppala, Rinne, Pursiainen & Tuori 2007, 35.)

Tyypillisesti korjuuhetkellä puna-apilan KA-pitoisuus on pienempi kuin heinäkasvien. Varsinkin käytettäessä biologisia säilöntäaineita huolellinen esikuivatus on tärkeää, sillä esikuivatus lisää veden haihtuessa massan sokeripitoisuutta ja täten edesauttaa maitohappobakteerien tehokasta toimintaa. Niiton aikaisella murskauksella tehostetaan säilörehukasvuston kuivumista, mutta apilapitoisuuden ollessa korkea on syytä murskata vain kevyesti, jotta vähennetään hentolehtisen apilan varisemistappioita. (Nykänen 2011, 33; Suokannas, Nysand & Niskanen 2010, 81; Vanhatalo ym. 2007, 35.)

4 PUNA-APILASÄILÖREHU LYPSELEHMIEN RUOKINNASSA

4.1 Puna-apilan vaikutus syöntiin

Lypsylehmän syömä rehumäärä on selvässä yhteydessä sen tuottaman maitomäärän kanssa (Kyntäjä, Karlström, Rinne, Nousiainen, Palva & Nokka 2010, 41). Lehmän KA:n syöntikyky riippuu sen ruoansulatuskanavan tilavuudesta (Kuva 3). Tietyssä pisteessä ruoansulatuskanavaan ei mahdu enää enempää. Rehun sulatusnopeus nousee tärkeäksi tekijäksi, sillä nopeasti hajoava rehu kulkee nopeammin pötsin läpi. Tämä lisää eläimen syöntikykyä. (Hulsen, Aerden & Rodenburg 2014, 12.)



Kuva 3. Syöntikykyyn vaikuttaa myös rungon syvyys (Korjus 2016).

Useissa tutkimuksissa puna-apilan on todettu lisäävän säilörehun KA:n syöntiä (Vanhatalo, Kuoppala, Ahvenjärvi & Rinne 2006, 221; Halmemies-Beauchet-Filleau, Vanhatalo, Toivonen, Heikkilä, Lee & Shingfield 2014, 3761; Vanhatalo & Jaakkola 2006, 75). Kuoppalan (2010, 42) mukaan säilörehun KA:n syönti päivässä on 1,3 kg KA suurempi, kun säilörehussa on puna-apilaa 30–70 %.

Puna-apilan korjuuajankohdan vaikutus säilörehun KA:n syöntiin vaikuttaisi olevan eri kuin heinäkasvisäilörehulla. Puna-apilan kevät- ja jälkisadosta verrattessa KA:n syönti on ollut selkeästi suurempi jälkisadosta tehtyä rehua syötettäessä, vaikka orgaanisen aineen sulavuus on ollut pienempi. Kevätsadosta tehtyjä rehuja tarkastelevassa fysiologisessa kokeessa ilmeni, että lehmät söivät enemmän myöhemmin korjattua puna-apilasäilörehua kuin aikaisemmin korjattua. (Vanhatalo ym. 2006, 221; Pursiainen, Tuori, Kuoppala, Rinne, Huhtanen & Vanhatalo 2006, 222.)

Heinäkasveista tehtyyn säilörehuun verrattuna aikaisin korjatun puna-apilasäilörehun KA:n syönti voi olla vähäisempää, varsinkin jos apilarehun orgaanisen aineen sulavuus on vertailurehua korkeampi. Muutenkaan puhtaana syötettäessä puna-apila ei välttämättä aina nosta säilörehun KA:n syöntiä. Ruokintakokeissa onkin käytetty puhtaasta puna-apilakasvustosta tehtyjä rehuja, jotta voitaisiin selvittää juuri puna-apilan vaikutuksia ruokinnassa. Kun puna-apilasäilörehun ja heinäkasvisäilörehun seosta on syötetty useammassa eri ruokintakokeissa, seos on maittanut lehmille koerehuista parhaiten. (Vanhatalo ym. 2007, 36; Vanhatalo ym. 2006, 221; Vanhatalo & Jaakkola 2006, 75; Kuoppala 2010, 42; Halmemies-Beauchet-Filleau ym. 2014, 3761.)

4.2 Valkuaisen hyväksikäyttö lypsylehmillä

Eläimet tarvitsevat valkuaista tuotantoon ja ylläpitoon. Tuotannossa sitä tarvitaan maitovalkuaisen raaka-aineeksi, eläimen kasvuun ja sikiön kasvuun. Ylläpidon tarve muodostuu kudoksissa tapahtuvasta aineenvaihdunnasta sekä KA:n syönnin aiheuttamasta kulutuksesta. (Rinne & Nousiainen 2011, 69.)

Valkuaisen saanti on lehmien maksimaalista maidontuotantoa eniten rajoittava ruokintatekijä. Kuitenkin liiallinen valkuaisrehujen syöttö on haitallista, sillä se heikentää valkuaisen hyväksikäyttöä sekä lisää typen huuhtoutumisriskiä vesistöihin ja ammoniakkin vapautumista lannasta. Turhaan ei valkuaisrehuja kannata syöttää myöskään sen takia, että ne ovat yleensä rehustuksen kalleimpia komponentteja. Lypsylehmän syömästä rehuvalkuaisesta parhaimmillaan noin kolmannes syntetisoituu maitovalkuaiseksi. Loput kaksi kolmasosaa erittyy sonnan ja virtsan mukana typpenä pois elimistöstä. Pääsääntöisesti on niin, että typen hyväksikäyttö on sitä parempi, mitä vähemmän eläin saa typpeä rehuistaan. (Nousiainen 2011, 4; Kuoppala 2016; Rinne & Nousiainen 2011, 70.)

Puna-apila lisää heinäkasviruokintoihin verrattuna lypsylehmän aminohappojen saantia. Puna-apilaruokinnalla rehuvalkuaisen pötsihajoavuus on pienempi ja ohutsuoleen virtaavan valkuaisen määrä suurempi. Rehuperäisen typen korkeammasta pitoisuudesta johtuen pötsistä virtaavan ei-ammoniakki- ja ammoniumtypen määrä on suurempi. Puna-apilaruokinnalla on havaittu myös valtimoveren plasmassa korkeampia välttämättömien aminohappojen ja urean pitoisuuksia kuin heinäkasviruokinnalla. (Vanhatalo ym. 2006, 221.)

Yksi syy puna-apilaruokinnan heinäkasveja pienempään pötsihajoavuuteen on puna-apilan luontaisesti sisältämä polyfenolioksidaasi. Se ehkäisee rehun valkuaisen hajoamista sekä siilossa että pötsissä. Sen lisäksi että se lisää ohutsuoleen virtaavan valkuaisen määrää, on olemassa viitteitä myös siitä, että se ehkäisisi rehun sisältämän rasvan hajoamista. (Vanhatalo, Kuoppala, Pursiainen, Rinne & Tuori 2007.)

Nurmisäilörehun raakavalkuaispitoisuuden tavoitealue on yleisesti 130–170 g/kg KA (Valio 2016). Jotta pötsimikrobien typentarve tyydyttyä käytettäessä puna-apilaa, tavoitearvo on noin 160 g/kg KA johtuen puna-apilan valkuaisen pienemmästä pötsihajoavuudesta heinäkasveihin verrattuna (Rinne 2014). Käytettäessä puhdasta puna-apilaa voi rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus nousta tarpeettoman suureksi, jolloin rehuvalkuaisen hyväksikäyttö heikkenee väistämättä (Vanhatalo ym. 2006, 221). Käytännön tilatasolla puna-apila on syötössä yleisimmin yhdessä heinäkasvien kanssa, jolloin rehustuksen kokonaisraakavalkuaispitoisuus pysyy helpommin tavoitearvossa.

4.3 Puna-apilan vaikutus hedelmällisyyteen ja terveyteen

Puna-apila sisältää luonnostaan runsaasti kasviestrogeeneja. Kasviestrogeeni on nimitys, jota käytetään, kun yhdisteen kemiallinen rakenne on estrogeenihormonin kaltainen. Eniten kasviestrogeeneja puna-apilakasvustoon muodostuu keväällä nopean kasvun vaiheessa sekä syksyllä. Korjuuajankohta siis vaikuttaa niiden pitoisuuteen. Kasviestrogeenin määrään vaikuttaa myös kasvukauden olosuhteet, esimerkiksi kylmyys nostaa niiden pitoisuutta. Lisäksi lajikevalinta on yksi tekijä, joka vaikuttaa puna-apilan kasviestrogeenipitoisuuteen. Rehun säilöntä tuoreena tai esikuivattuna säilöo myös kasviestrogeenit. (Mustonen 2007, 48; Moilanen, Hoppula & Miettinen 2007; Mustonen 2005.)

Lampailla hyvin runsas kasviestrogeenien saanti voi alentaa hedelmällisyyttä tai aiheuttaa muita lisääntymiseen liittyviä häiriöitä. Todennäköisesti kasviestrogeenien aineenvaihdunta on hyvin samankaltainen lampailla ja naudoilla. On harvinaista, että nautoja ruokitaan yksipuolisesti puna-apilasäilörehulla, mikä on edellytys kasviestrogeenien haitallisille vaikutuksille. Jos puna-apilan käyttö aiheuttaisi naudoilla hedelmällisyysongelmia, olisivat ne ehkä tulleet esille luomutuotannossa, jossa puna-apilaa käytetään yleisesti. Mitä ilmeisimmin naudat ovat lampaisiin verrattuna vähemmän herkkiä kasviestrogeenien haitallisille vaikutuksille. (Mustonen, Tuori, Saastamoinen, Nykänen-Kurki, Isolahti, Saloniemi & Vanhatalo 2006, 74; Mustonen 2005; Mustonen 2007, 49.)

Puna-apila saattaa vaikuttaa negatiivisesti hedelmällisyyteen, jos rehuanoksen valkuaispitoisuus nousee liian korkeaksi. Pötsimikrobit käyttävät typenlähteenään pääasiallisesti ammoniakkia. Mikäli pötsimikrobeilla ei ole käytettävissä riittävästi energiaa ammoniakin sitomiseksi tai pötsinesteen ammoniakkipitoisuus on mikrobien tarpeeseen nähden liian suuri, imeytyy ylimääräinen ammoniakki pötsistä verenkiertoon. Verenkierrossa oleva myrkyllinen ammoniakki muuttuu maksassa virtsa-aineeksi eli ureaksi. Munasolu kehittyy vähemmän elinvoimaiseksi, jos hiehon tai lehmän veressä on korkea ureapitoisuus ennen kuin se tulee kiimaan. Tällä saattaa olla tiinehtyvyyttä heikentävä vaikutus (Hulsen 2008, 27). Myös kohdun olosuhteet voivat muuttua sikiön kannalta heikompaan suuntaan (Holma 2002). Tämän lisäksi rehuannoksen ylimääräinen valkuainen rasittaa eläimen maksa-aineenvaihduntaa. (Vanhatalo 2010, 31; Hulsen ym. 2014, 11.)

Ummessa olevien lehmien ruokinnassa on kiinnitettävä huomiota rehujen kivennäiskoostumukseen. Poikimahalvauksen ennaltaehkäisyyn usein käytetty menetelmä on kalsiumin saannin rajoittaminen umpikaudella. Parhaiten menetelmä toimii, mikäli kalsiumin saanti voidaan rajoittaa alle 40 grammaan vuorokaudessa. Tämä raja ylittyy helposti puna-apilaa syötettäessä. Siksi puna-apilaa ei suositella umpilehmien rehuksi. (Saarijärvi 2013.)

Puna-apila sisältää luontaisesti saponiineja. Jos hallayön jälkeen lehmä päästetään runsaasti puna-apilaa sisältävälle laitumelle, voi seurauksena olla pötsin sisällön vaahtoaminen saponiinien vaikutuksesta ja sitä seuraava puhaltuminen. Tämän takia kasvuston tulisi aina antaa kuivahtaa ja ilman lämmetä, ennen kuin lehmät päästetään syksyllä laitumelle. Puna-apilan syöttäminen säilörehuna ei aiheuta puhaltumista. (Rinne, Johansson, Johnsson, Leskinen, Nykänen, Pesonen, Tuominen, Turunen & Suutarla 2013; Konsti 2003; Kuoppala & Hinkkanen n.d.)

5 PUNA-APILAN VAIKUTUS MAIDONTUOTANNOSSA

5.1 Vaikutus maitotuotokseen ja maidon koostumukseen

Puna-apilasäilörehun on todettu vaikuttavan positiivisesti maitotuotokseen. Keskimäärin sen on todettu lisäävän maitotuotosta 1,4 kg päivässä (Vanhatalo ym. 2007, 11). Maitotuotos ja säilörehun KA:n syönti eivät välttämättä aina kulje käsi kädessä, sillä puna-apilasäilörehulla maitomäärä voi pysyä samalla tasolla, vaikka säilörehun KA:n syönti laskisi heinäkasvisäilörehuun verrattuna. (Pursiainen ym. 2006, 222; Kuoppala 2010, 5; Vanhatalo ym. 2006, 221.)

Kun eläimille on syötetty aikaisin korjattua puhdasta puna-apilasäilörehua, säilörehun KA:n syönti on laskenut heinäkasvisäilörehuun verrattuna, mutta maitomäärä silti pysynyt samana. Säilörehun KA:n syönti ja maitomäärä ovat olleet selkeästi suurempia toisen sadon puna-apilasäilörehuruokinnalla kuin ensimmäisen sadon puna-apilasäilörehuruokinnalla. (Vanhatalo ym. 2007, 11.)

Vaikka puna-apila on valkuaiskasvi, sen ei voi sanoa nostavan maidon valkuaispitoisuutta. Suunta on ennemminkin toinen, eli valkuaispitoisuus laskee verrattuna heinäkasviruokintaan. Myös maidon rasvapitoisuus saattaa laskea. Esimerkiksi yhdessä kokeessa puhtaalla puna-apilaruokinnalla maidon valkuaispitoisuus oli keskimäärin 1,2 g/kg ja rasvapitoisuus 2,1 g/kg pienempi kuin heinäkasviruokinnalla (Vanhatalo ym. 2007, 36). Pienempiä pitoisuuksia on kompensoinut kuitenkin suurempi maitotuotos. EKM-tuotos pysyy usein puhtaalla puna-apilaruokinnalla samansuuruisena heinäkasviruokintaan verrattuna (Vanhatalo ym. 2007, 11).

5.2 Vaikutus maidon rasvahappokoostumukseen

Tutkimukset ovat osoittaneet, että heinäkasviruokintoihin verrattuna puna-apila muuttaa maidon rasvahappokoostumusta ihmisravitsemuksen kannalta suotuisaan suuntaan. Puna-apilan vaikutuksesta tyydyttymättömien rasvahappojen määrä maitorasvassa lisääntyy, kun tyydyttynei-

den rasvahappojen osuus vastaavasti pienenee. (Vanhatalo ym. 2007, 39; Halmemies-Beauchet-Filleau ym. 2014, 3773.)

Pötsissä tapahtuvassa biohydrogenaatioissa pötsimikrobit pyrkivät muuttamaan rehun tyydyttymättömät eli pehmeät rasvat pääosin tyydyttyneiksi eli koviksi rasvahapoiksi (Kuusela 2013). Puna-apilaruokinnalla rasvahappojen biohydrogenaatio pötsissä vähenee, mihin on arveltu olevan yhtenä syynä puna-apilan korkea polyfenolioksidaasiaktiivisuus (Dewhurst, Shingfield, Lee & Scollan 2006).

Puna-apilaruokinnalla α -linoleenihapon (18:3n-3, omega-3-rasvahappo) biohydrogenaatio pötsissä vähenee, mikä lisää α -linoleenihapon osuutta maitorasvassa. Tavallisesti α -linoleenihapon osuus maitorasvassa on nurmiheinäkasvisäilörehuun perustuvilla ruokinnoilla 0,4–0,7 %, kun taas puna-apilasäilörehulla pitoisuus on 0,7–1,5 % (Halmemies-Beauchet-Filleau 2013, 50). Myös linolihapon (18:2n-6, omega-6-rasvahappo) osuus maidossa on korkeampi puna-apilaruokinnalla kuin heinäkasviruokinnoilla. (Halmemies-Beauchet-Filleau ym. 2014, 3773; Kuusela 2013.)

5.3 Vaikutus maidon ureapitoisuuteen

Yksi valkuaisruokinnan onnistumisen mittari on maidosta mitattava urealuku. Sen avulla arvioidaan, onko raakavalkuaista ja pötsissä hajoaavaa valkuaista riittävästi lypsylehmän rehuannoksessa. Myös mahdollinen liika valkuainen suhteessa energian saantiin käy ilmi urealuvusta. Sen avulla voidaan myös arvioida valkuaisen hyväksikäyttöä ja virtsan typpimäärää. (Nousiainen, Vanhatalo & Nokka 2010, 123.)

Urealuvun tavoitearvo on riippuvainen säilörehun raakavalkuaispitoisuudesta. Esimerkiksi jos säilörehun sulavuus on 690–700 g/kg KA ja raakavalkuaispitoisuus noin 150–160 g/kg KA, on maidon urean tavoitearvo 25–30 mg/dl. Jos säilörehun raakavalkuaispitoisuus on matalampi, esimerkiksi 120–140 g/kg KA, on tavoitearvo urealle 22–26 mg/dl. Pääsääntöisesti pidetään säilörehu- ja laidunruokinnan normaalina ureatasona 25–35 mg/dl. Jos urealuku nousee yli 40 mg/dl, on hedelmällisyys vaarassa heikentyä ja ruokinnassa yleensä liikaa valkuaista. Urealukua on hyvä seurata säännöllisesti, jotta mahdolliset vaihtelut tulee huomattua ajoissa. Vaihtelu ei ole hyvää, ja +/- 10 yksikön ero urealuvussa karjakohtaisesti on jo huolestuttavaa. (Nousiainen ym. 2010, 123.)

Varsinkin ollessaan ruokinnan ainoa karkearehukomponentti puna-apilan on havaittu nostavan maidon ureapitoisuutta heinäkasveihin verrattuna (Pursiainen ym. 2006, 222). Jo pelkästään se, että puna-apilan raakavalkuaispitoisuus on korkeampi kuin heinäkasveilla, nostaa maidon ureapitoisuutta. Vanhatalon ym. (2007, 36) mukaan urealuku oli keskimäärin 36,3 mg/dl, kun puna-apilaruokinnan raakavalkuaispitoisuus oli 180 g/kg KA ja heinäkasviruokinnoilla puolestaan keskimäärin 22,7 mg/dl raakavalkuaispitoisuuden ollessa 139 g/kg KA. Samassa kokeessa mitattiin amino-

happojen pitoisuus veriplasmassa, ja pitoisuudet olivat huomattavasti korkeammat puna-apilaruokinnalla verrattuna heinäkasviruokintoihin. Jonkin ravintoaineen puutteen arveltiin rajoittavan aminohappojen hyväksikäyttöä maidontuotantoon puna-apilaruokinnoilla. Tämä on yksi tekijä, joka saattaa osaltaan vaikuttaa lypsylehmien ureasynteesiin.

6 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET JA TOTEUTUS

6.1 Tutkimuksen tavoitteet

Ravitsemusfysiologisen ruokintakokeen kolmesta eri koeruokinnasta yksi pohjautui puhtaaseen puna-apilasäilörehuun, ja sen vaikutuksia maidontuotantoon analysoitiin tässä työssä. Työssä tarkasteltavia asioita olivat puna-apilan vaikutus lypsylehmien rehujen syöntiin, ravintoaineiden saantiin, maitotuotokseen ja maidon koostumukseen. Tavoitteena oli selvittää, voidaanko puna-apilan käytön lisäämistä lypsykarjatiloilta suositella.

Tässä työssä käsitelty ruokintakoe liittyi laajempaan lypsylehmillä tehtyyn tutkimukseen, jonka tavoitteena oli tutkia yksilöiden välisiä vaihteluja muun muassa metaanintuotannossa ja selvittää, pysyykö yksilötason metaanintuotanto (vähäpäästöinen tai korkeapäästöinen lypsylehmä) suhteessa samansuuruisena erilaisilla ruokintastrategioilla. Tutkimus oli osa maailmanlaajuista tutkimushanketta, jonka tavoitteena on koota yhteen käytettävissä oleva aiheeseen liittyvä tutkimustieto sekä alan tutkimustiimit.

6.2 Fysiologisen ruokintakokeen toteutus

Tutkimukseen liittyvä fysiologinen ruokintakoe tehtiin Luonnonvarakeskuksen Jokioisten toimipisteen Koe-eläintalilla keväällä 2016. Kokeessa oli kymmenen pötsifistelöityä lypsylehmää. Koe tehtiin kahdessa osassa eläinten erilaisten poikimajaksojen takia. Ensimmäinen kokeellinen osa alkoi 9.1.2016 ja päättyi 22.4.2016, ja toinen osa alkoi 27.2.2016 ja päättyi 10.6.2016. Näin koe-eläinten poikimisesta kulunut aika oli mahdollisimman samanlainen kokeellisen osan aikana kaikkien koe-eläinten osalta.

Kokeessa syötettiin eläimille kolmea eri seosrehua 5x3 latinalaisen neliön koemallin mukaisesti. Vertailuruokintoina käytettiin puhdasta puna-apilasäilörehua sekä timotei-nurminatakasvustosta korjattua heinäkasvisäilörehua, jota syötettiin lehmille kahdella eri väkirehutasolla. Väkirehu koostui taulukon 4 mukaan ohrasta, melassileikkeestä, rypsirouheesta ja kivennäisrehuseoksesta (Melica Mahti-Mira, Vilomix Finland Oy).

Taulukko 4. Väkirehuseoksen komponenttien osuudet.

Komponentti	Osuus (g/kg ka)
Ohra	459
Melassileike	232
Rypsirouhe	286
Melica Mahti Mira	23
Yhteensä	1000

Säilörehut olivat ensimmäisen korjuukerran rehuja. Niiden kemiallinen koostumus on esitetty taulukossa 5. Timotei-nurminatakasvusto oli korjattu 12.6. ja puna-apila 2.7. Timotei-nurminatakasvusto oli korjattaessa neljä vuotta vanha, puna-apilakasvustolla oli kyseessä ensimmäinen sato-vuosi.

Taulukko 5. Säilörehujen kemiallinen koostumus.

Kemiallinen koostumus	Heinäkasvi-säilörehu	Puna-apila-säilörehu
KA, g/kg	262	230
D-arvo, g/kg KA	729	592
Orgaaninen aine, g/kg KA	927	898
Raakavalkuainen, g/kg KA	129	179
NDF, g/kg KA	425	404
Tärkkelys, g/kg KA	5,8	9,0
Bruttoenergia, MJ/kg KA	17,6	17,5

Karkearehun ja väkirehun suhde oli puna-apilasäilörehuruokinnalla 50:50, karkearehuvaltaisella heinäkasvisäilörehuruokinnalla 70:30 ja väkirehuvaltaisella heinäkasvisäilörehuruokinnalla 30:70. Seosrehujen kemiallinen koostumus näkyy taulukossa 6. Koeasetelman ruokinnat oli valittu metaanintuotantoon liittyvien hypoteesien mukaan.

Taulukko 6. Seosrehujen kemiallinen koostumus.

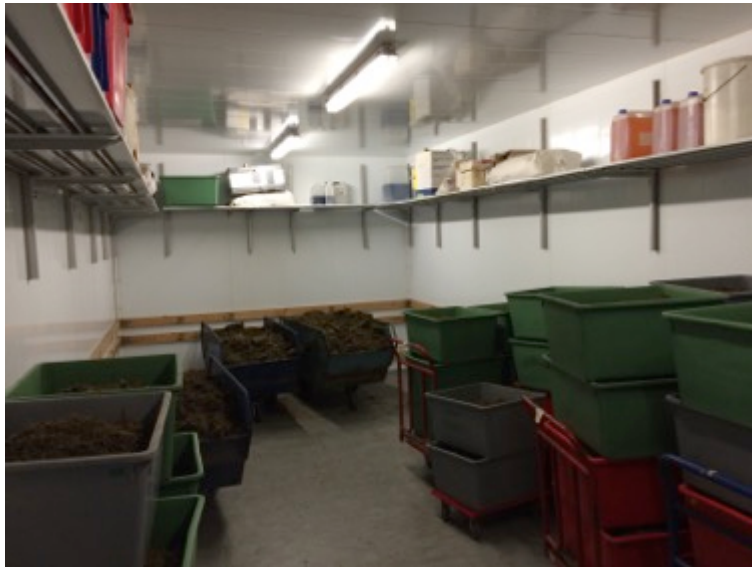
Kemiallinen koostumus	KR-HSR ¹	VR-HSR ²	P-SR ³
KA, g/kg	451	702	561
Orgaaninen aine, g/kg KA	925	923	910
Raakavalkuainen, g/kg KA	144	165	180
NDF, g/kg KA	371	299	325
Tärkkelys, g/kg KA	86	193	141
Bruttoenergia, MJ/kg KA	17,8	18,0	17,8

¹⁾ karkearehuvaltainen heinäkasvisäilörehuruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 70:30

²⁾ väkirehuvaltainen heinäkasvisäilörehuruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 30:70

³⁾ puna-apilaruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 50:50

Syönnit laskettiin päiväkohtaisesti vähentämällä rehuannoksesta jätere-hun määrä. Seosrehut valmistettiin ja punnittiin päivittäin (Kuva 4). Ruo-kinta-ajat olivat klo 6.00, 9.00, 16.00 ja 19.00. Eläimet saivat seosrehuja vapaasti, jolloin jokaisen eläimen päivittäistä rehuannosta säädettiin niin, että jätettä jäisi päivittäin vähintään 5 % rehuannoksesta. Rehunäytteitä otettiin viikoittain säilörehuista, väkirehusta, seosrehuista ja seosrehujät-teistä. Näytteenotto tehtiin päivittäisten rehuannosten punnitsemisten yhteydessä. Kokeen aikana jokainen eläin oli kerran kullakin koeruokin-nalla. Tämä aika, eli yhden koejakson pituus, oli 35 vuorokautta.



Kuva 4. Rehut säilytettiin kylmiössä (Korjus 2016).

Säilörehunäytteistä analysoitiin primäärinen KA, pH, muurahaishappo, maitohappo, haihtuvat rasvahapot (VFA), etanoli, ammoniakkityppi, liu-koinen typpi, vesiliukoiset sokerit, tuhka, kokonaistyyppi, NDF, *in vitro* or-gaanisen aineen sulavuus, tärkkelys ja bruttoenergia. Väkirehusta analy-soitiin primäärinen KA, tuhka, kokonaistyyppi, NDF, tärkkelys, vesiliukoiset sokerit ja bruttoenergia. Seosrehusta analysoitiin primäärinen KA, kuten myös seosrehujätteistä.

Maitotuotos mitattiin ja kirjattiin ylös jokaiselta lypsykerralta. Lehmät lypsettiin klo 7.00 ja 16.45. Maidosta analysoitiin maidon koostumus.

Pötsinesteestä otetuista näytteistä analysoitiin pH, VFA ja ammoniakki-typpi. Kokeen maitonäytteiden koostumusanalyyseista vastasi Valio Oy/ Seinäjoen aluelaboratorio. Kaikki muut näytteet analysoitiin Luonnonva-rakeskuksen kotieläinteknologian laboratoriossa.

Tilastolliset analyysit toteutettiin SAS-ohjelmiston Mixed-proseduurilla käyttäen varianssianalyysia. Mallissa kiinteänä vaikutuksena oli jakso ja ruokinta ja satunnaisvaikutuksena lehmä ja kokeen osa. Vapausasteet laskettiin Kenward-Roger-menetelmällä. Tulokset raportoidaan LS-

keskiarvoina (least square means = pienimmän neliösumman menetelmällä laskettu keskiarvo) \pm keskivirhe. Ruokintojen välisiä eroja pidettiin tilastollisesti merkitsevinä P-arvoilla $P \leq 0,05$. Kun ruokintojen kokonaisvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä, keskiarvojen parivertailu tehtiin Tukeyn testillä.

7 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Syönti ja ravintoaineiden saanti

Kaikki koeruokinnat erosivat toisistaan säilörehun KA:n syönnin osalta ($P < 0,05$). Säilörehun KA:n syönti oli korkein karkearehuvaltaisella ruokinnalla (Taulukko 7). Seuraavaksi eniten eläimet söivät sitä puna-apilaruokinnalla. Pienin arvo oli väkirehuvaltaisella ruokinnalla, jossa säilörehun osuus oli pienin. Säilörehun KA:n syönti vaihteli koeruokintojen välillä sen mukaan, kuinka paljon koeruokinnoissa oli säilörehua.

Taulukko 7. Koeruokintojen vaikutukset syöntiin ja ravintoaineiden saantiin.

	Koekäsittely			SEM ⁵	P-arvo
	KR-HSR ²	VR-HSR ³	P-SR ⁴		
Säilörehun KA ¹ syönti, kg/pv	16.7 ^a	8.2 ^c	12.1 ^b	0.31	<0.001
Väkirehun KA syönti, kg/pv	6.79 ^c	18.3 ^a	11.6 ^b	0.352	<0.001
Kokonais-KA syönti, kg/pv	23.4 ^b	26.5 ^a	23.7 ^b	0.62	<0.001
Raakavalkuaisen saanti, kg/pv	3.37 ^b	4.37 ^a	4.25 ^a	0.103	<0.001
NDF-kuidun saanti, kg/pv	8.66 ^a	7.95 ^b	7.77 ^b	0.221	<0.001
Tärkkelyksen saanti, kg/pv	1.93 ^c	5.05 ^a	3.26 ^b	0.099	<0.001
Bruttoenergian saanti, MJ/pv	416 ^b	476 ^a	423 ^b	11.4	<0.001

^{a, b, c} tilastollisesti merkitsevä ero ($P < 0,05$)

¹⁾ KA = kuiva-aine

²⁾ karkearehuvaltainen heinäkasvisäilörehuruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 70:30

³⁾ väkirehuvaltainen heinäkasvisäilörehuruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 30:70

⁴⁾ puna-apilaruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 50:50

⁵⁾ SEM = keskivirhe

Väkirehun KA:n syönnissä on nähtävissä sama asia kuin säilörehun KA:n syönnin kohdalla, mutta vain toisin päin. Mitä suurempi osuus väkirehua on koeruokinnassa ollut sitä enemmän eläin on väkirehua myös syönyt. Kaikki koeruokinnat erosivat toisistaan väkirehun KA:n syönnin osalta ($P < 0,05$).

Väkirehuvaltaisella ruokinnalla kokonais-KA:n syönti oli korkein verrattuna muihin koeruokintoihin ($P < 0,05$). Väkirehun lisääminen ruokintaan li-

sää yleensäkin kokonais-KA:n syöntiä (Kyntäjä ym. 2010, 44). Puna-apilaruokinnalla ja karkearehuvaltaisella ruokinnalla ei ollut eroa kokonais-KA:n syönnissä ($P>0,05$).

Raakavalkuaisen saanti nousee helposti käytettäessä puna-apilaa ruokinnassa, mutta myös väkirehu nostaa herkästi ruokinnan raakavalkuaispi-toisuutta. Väkirehuvaltainen ruokinta ja puna-apilaruokinta eivät eronneet toisistaan raakavalkuaisen saannissa ($P>0,05$). Karkearehuvaltainen ruokinta erosi molemmista ($P<0,05$), sillä siinä ei ollut raakavalkuaisen saantia nostavaa tekijää, eli tässä kohtaa runsasta väkirehun osuutta tai puna-apilaa.

NDF-kuidun saanti oli korkeampi karkearehuvaltaisella ruokinnalla kuin muilla ruokinnoilla ($P<0,05$). Tämä selittyy sillä, että karkearehuvaltaisella ruokinnalla valtaosa rehusta oli kuitupitoista karkearehua. Puna-apilaruokinnalla ja väkirehuvaltaisella ruokinnalla voisi olettaa säilörehun KA:n syönnin perusteella olevan eroa myös NDF-kuidun saannissa, mutta näin ei ollut ($P>0,05$). Tämä johtunee puna-apilan luontaisesti pienemmästä NDF-kuitupitoisuudesta heinäkasveihin verrattuna.

Tärkkelyksen saannissa kaikki koeruokinnat erosivat toisistaan ($P<0,05$). Tulos heijastelee väkirehun KA:n syönnin määrää, sillä väkirehu sisältää paljon tärkkelystä. Mitä enemmän koeruokinnassa on ollut väkirehua sitä enemmän siinä on ollut myös tärkkelystä.

Väkirehuvaltaisella ruokinnalla bruttoenergian saanti oli muita koeruokintoja korkeampi ($P<0,05$). Tämä oli oletettavissa, sillä väkirehu nostaa bruttoenergian saantia. Osaltaan sen saantia lisää myös noussut kokonais-KA:n syönti. Puna-apilaruokinta ja karkearehuvaltainen ruokinta eivät eronneet toisistaan bruttoenergian saannin kohdalla ($P>0,05$). Puna-apilaruokinnan ero väkirehuvaltaiseen ruokintaan saattoi osittain johtua suurehkosta erosta säilörehujen D-arvojen välillä (729 g/kg KA vs. 592 g/kg KA), mutta osittain myös väkirehuvaltaisen ruokinnan sisältämästä korkeasta tärkkelyspitoisuudesta. Karkearehuvaltaisen ja väkirehuvaltaisen ruokinnan ero bruttoenergian saannissa johtui puhtaasti niiden suu-resta erosta väkirehutasoissa.

7.2 Maitotuotos ja maidon koostumus

Karkearehuvaltaisella ruokinnalla päivittäinen maitotuotos (kg/pv) oli selkeästi pienempi kuin muilla koeruokinnoilla ($P<0,05$). Maitotuotos oli yhtä korkea ($P>0,05$) puna-apilaruokinnalla ja väkirehuvaltaisella ruokinnalla (Taulukko 8). Se, että 50 % väkirehuosuudella saadaan pienemmällä kokonais-KA:n syönnillä saman verran maitoa kuin 70 % väkirehuosuudella ja suuremmalla kokonais-KA:n syönnillä, parantaa huomattavasti maidon tuotannon kustannustehokkuutta.

Taulukko 8. Koeruokintojen vaikutukset maitotuotokseen ja maidon koostumukseen.

	Koekäsittely			SEM ⁴	P-arvo
	KR-HSR ¹	VR-HSR ²	P-SR ³		
Tuotos					
Maito, kg/pv	34.2 ^b	39.2 ^a	38.5 ^a	1.47	<0.01
EKM, kg/pv	35.7 ^b	38.6 ^a	36.4 ^{ab}	1.23	<0.05
Rasva, g/pv	1525	1509	1426	57.1	0.10
Valkuainen, g/pv	1137 ^b	1396 ^a	1239 ^b	43.4	<0.001
Laktoosi, g/pv	1523 ^b	1755 ^a	1746 ^a	68.7	<0.01
Koostumus					
Rasva, g/kg	44.9 ^a	39.2 ^b	37.4 ^b	2.17	<0.001
Valkuainen, g/kg	33.3 ^b	35.8 ^a	32.3 ^b	0.77	<0.001
Laktoosi, g/kg	44.7 ^b	44.7 ^b	45.3 ^a	0.44	<0.05
Urea mg/100g	10.2 ^c	20.3 ^b	30.5 ^a	1.45	<0.001

a, b, c tilastollisesti merkitsevä ero (P<0,05)

¹⁾ karkearehuvaltainen heinäkasvisäilörehuruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 70:30

²⁾ väkirehuvaltainen heinäkasvisäilörehuruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 30:70

³⁾ puna-apilaruokinta, karkearehun ja väkirehun välinen suhde 50:50

⁴⁾ SEM = keskivirhe

Maidon rasvapitoisuus oli karkearehuvaltaisella ruokinnalla korkeampi kuin muilla koeruokinnalla (P<0,05). Väkirehuvaltainen ruokinta ja puna-apilaruokinta eivät eronneet toisistaan (P>0,05) maidon rasvapitoisuuden osalta. Rasvatuotoksessa koeruokintojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (P=0,10).

Sekä valkuaistuotos että valkuaispitoisuus maidossa oli suurin väkirehuvaltaisella ruokinnalla (P<0,05). Tämä selittyy korkeimmalla energian saantimäärällä, jonka nousu yleensäkin nostaa maitovalkuaisen tuotosta (Jaakkola, Rinne & Nousiainen 2010, 17). Puna-apilaruokinnalla päästiin samaan rasva- ja laktoosituotokseen väkirehuvaltaisen ruokinnan kanssa. Valkuaistuotoksen kohdalla jäätin samalle tasolle selkeästi pienemmän maitotuotoksen aikaansaaneen karkearehuvaltaisen ruokinnan kanssa (P>0,05). Puna-apilaruokinnalla maitovalkuaista jäi siis tuottamatta. Tähän voi olla osasyynä puna-apilan epätasapainoisempi aminohappokoostumus muun muassa väkirehun sisältämään rypsirouheeseen verrattuna. Erityisesti metioniini-aminohaposta saattaa esiintyä puutetta puna-apilaruokinnalla (Kuoppala 2010, 5).

Maidon valkuaispitoisuus ja valkuaistuotos eivät puna-apilaruokinnalla olleet suurempia kuin karkearehuvaltaisella ruokinnalla (P>0,05), vaikka puna-apilaruokinnalla oli suurempi raakavalkuaisen saanti verrattuna karkearehuvaltaiseen ruokintaan (P<0,05). Tämä kuvaa osittain heikentyneitä valkuaisen hyväksikäyttöä puna-apilaruokinnalla.

Laktoosituotos ei eronnut puna-apilaruokinnan ja väkirehuvaltaisen ruokinnan välillä ($P>0,05$), mutta molemmilla ruokinnoilla se oli korkeampi kuin karkearehuvaltaisella ruokinnalla. Puna-apilaruokinnalla maidon laktoosipitoisuus oli korkeampi kuin heinäkasviruokinnoilla ($P<0,05$), joiden maidon laktoosipitoisuudet eivät eronneet toisistaan ($P>0,05$).

Laktoosin tärkein esiaste on pötsin haihtuvista rasvahapoista propionihappo (Vanhatalo 2010, 37). Karkearehuvaltaisella ruokinnalla VFA:n kokonaispitoisuus oli pienempi ($P<0,05$) kuin muilla koeruokinnoilla, joiden osalta VFA:n kokonaispitoisuudet eivät eronneet ($P>0,05$) merkitsevästi toisistaan (120, 131 ja 135 mmol/l, SEM 3,89, karkearehuvaltaiselle ruokinnalle, väkirehuvaltaiselle ruokinnalle ja puna-apilaruokinnalle, vastaavasti). Propionihapon mooliosuudessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($P>0,05$), kun puna-apilaruokintaa verrattiin heinäkasviruokintoihin, mutta väkirehuvaltaisella ruokinnalla sen osuus oli suurempi ($P<0,05$) kuin karkearehuvaltaisella ruokinnalla (182, 211 ja 191 mmol/mol, SEM 7,4, koeruokinnoille vastaavasti). Puna-apilaruokinnalla propionihapon mooliosuus kokonais-VFA:sta oli suhteellisen korkea, mikä saattaa vaikuttaa maidon laktoosipitoisuuksissa havaittuihin eroihin eri koeruokintojen välillä. Propionihapon osuuden noustessa pötsissä siitä muodostuu maksassa glukoosia, joka osaltaan lisää maidon laktoosisynteesiä (Vanhatalo 2010, 37).

EKM-tuotos oli väkirehuvaltaisella ruokinnalla korkeampi kuin karkearehuvaltaisella ruokinnalla ($P<0,05$). Puna-apilaruokinnan EKM-tuotos ei eronnut karkearehuvaltaisen eikä väkirehuvaltaisen ruokinnan EKM-tuotoksesta ($P>0,05$). Voidaan siis todeta, että EKM-tuotos oli puna-apilaruokinnalla samalla tasolla kuin väkirehuvaltaisella ruokinnalla, vaikka puna-apilaruokinnassa oli pienempi väkirehupitoisuus. Tulos on yhtäläinen myös tämän työn kirjallisuusosion kanssa, eli EKM-tuotoksena ilmaistuna puhtaalla puna-apilaruokinnalla tuotos pysyy samansuuruisena heinäkasviruokintoihin verrattuna.

Maidon ureapitoisuus erosi merkitsevästi kaikkien koeruokintojen kesken ($P<0,05$). Se oli korkein puna-apilaruokinnalla, mikä oli oletettavissakin. Koska puna-apilaruokinnalla eläin ei pysty käyttämään täysin rehun korkeaa raakavalkuaispitoisuutta maitovalkuaisen muodostukseen, se erittää ylimääräisen typen muita reittejä pitkin ulos elimistöstä. Maidon ureapitoisuus nousee, kuten myös virtsan ja sonnan mukana poistuva typen määrä, mikä rasittaa ympäristöä (Nousiainen & Vanhatalo 2010, 128). Tämän kokeen puna-apilaruokinnan ureapitoisuus oli 30,5 mg/100 g, mikä ei ole vielä haitallisen korkea eläimen aineenvaihdunnalle eikä sen pitäisi myöskään heikentää hedelmällisyyttä. On muistettava, että puna-apilaa käytettäessä tilatasolla maidon ureapitoisuus pysyy helpommin alhaisena, kun puna-apilaa ei syötetä puhtaana vaan seoksena heinäkasvien kanssa.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Puna-apilan käytön lisäämistä lypsykarjatililla voi suositella, mikäli sen vaatimia viljelytekniikoita ja kasvupaikkavaatimuksia on mahdollista tilalla toteuttaa. Puna-apila eroaa heinäkasveista erityisesti kehitysrytminsä, typensidontaominaisuutensa, juuristovaikutuksensa, kemiallisen koostumuksensa ja rehuarvojensa perusteella. Omat haasteensa tuovat heinäkasveihin verrattuna heikompi talvehtimiskyky ja taudinkestävyys. Mikäli puna-apilan viljelyyn perehdytään, on se mahdollista saada säilymään pidempään nurmissa ja tällöin se tuo hyvän lisän lypsykarjatilalla viljelykasveihin.

Pienikin puna-apilan osuus rehuannoksessa lisää rehuannoksen KA:n syöntiä. Suuremmastakaan osuudesta ei ole haittaa, sillä kasviestrogenien negatiiviset vaikutukset hedelmällisyyteen vaikuttavat kirjallisuuden perusteella hyvin epätodennäköisiltä. Ainoastaan silloin voi hedelmällisyyden kanssa tulla ongelmia, jos rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus nousee liian korkeaksi. Puna-apila ei myöskään aiheuta säilörehuna syötettäessä puhaltumista, toisin kuin monesti luullaan. Puna-apilan korkeaa kalsiumpitoisuutta pidetään ongelmana umpilehmien ruokinnassa, mutta runsaasti valkuaisia ja kalsiumia sisältävä puna-apilapitoinen rehu olisikin tarkoituksenmukaisinta kohdentaa lypsävien lehmien ryhmälle.

Kokeessa valkuaisen hyväksikäyttö oli puna-apilaruokinnalla heikkoa, mikä näkyi heikentyneenä valkuaisuutena ja nousseena maidon ureapitoisuutena. Rasvatuotos pysyi puna-apilaruokinnalla samalla tasolla ja laktoosituotos nousi heinäkasviruokintoihin verrattuna. Jotta voitaisiin luotettavasti todeta jonkin asian muuttuneen juuri puna-apilan vaikutuksesta, olisi koeasetelman pitänyt olla sellainen, että ruokintaan liittyviä muuttujia olisi ollut vähemmän. Nyt muuttuvina tekijöinä olivat sekä väkirehutaso että kasvilaji.

Yleisesti kokonais-KA:n syönti ja näin ollen myös ravintoaineiden saanti lisääntyy nostettaessa väkirehun osuutta ruokinnassa. Erityisesti erot energian saannissa heijastuvat lehmien maito-, valkuais- ja EKM-tuotoksiin. Väkirehujen osuus ruokinnassa vaikuttaa siis ratkaisevasti lypsylehmien maidontuotantoon.

Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin tässä tutkimuksessa jossain määrin, mutta alkuperäisen metaanintuotantoon vaikuttavien tekijöiden selvittämiseksi laaditun koeasetelman takia tulokset eivät ole yksiselitteisesti tulkittavia. Väkirehujen osuudet oli asetettu tutkimukseen siten, että koeruokinnasta saataisiin toisiinsa nähden mahdollisimman erilaiset. Tämä asetelma vaikeutti osittain tämän opinnäytetyön perusteella tehtävää tulosten tarkastelua ja johtopäätöksiä. Tulokset ovat kuitenkin vertailukelpoisia kirjallisuudessa raportoitujen tutkimustulosten kanssa puhtaasti puna-apilasäilörehuruokinnan osalta. Puna-apilasta on tehty

suhteellisen runsaasti tutkimuksia, jotka tukevat tässäkin työssä havaittuja puna-apilan maidontuotannolle aikaansaamia positiivisia vaikutuksia.

Kokeen koeruokkinnoista puna-apilaruokinnan väkirehutaso oli lähimpänä sitä, mitä se tyypillisestikin useammilla lypsykarjatililla on. Lehmien keskimääräinen maitotuotos oli puna-apilaruokinnalla lähes 39 kiloa maitoa päivässä, minkä perusteella voidaan todeta puna-apilan lypsättäneen tässä kokeessa erittäin hyvin.

Työn aikana heräsi kiinnostus puhtaan puna-apilakasvuston viljelyä kohtaan. Nykyisen tietämyksen valossa puhdas kasvusto on liian taudinarka ja talvituhoherkkä menestyäkseen useamman vuoden ajan. Kun lajikkeiden jalostus tulevaisuudessa vielä kehittyy, olisi mielenkiintoista kokeilla puhdasta puna-apilakasvustoa osana lypsykarjatilán viljelykiertoa. Edellytyksenä kokeilulle olisi se, että tilalla olisi käytössä seosrehuruokinta. Kokeilun voisi aloittaa viherlannoituksen näkökulmasta, ja mikäli tämä ratkaisu olisi käytännössä hyvin toimiva, voisi puhtaan puna-apilakasvuston ottaa osaksi tilán viljelykiertoa.

LÄHTEET

- Dewhurst, R.J., Shingfield, K. J., Lee, M.R.F. & Scollan, N.D. (2006). Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Animal Feed Science and Technology* 131, 168–206. Haettu 27.4.2017 osoitteesta <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.hamk.fi/science/article/pii/S0377840106002604>
- Hakala, K., Nykänen, A. & Yli-Mattila, T. (2007). Avaimet puna-apilan viljelyn menestykseen. *Maaseudun Tiede* 18.6.2007, 10.
- Hakala, K. & Yli-Mattila, T. (2007). Vanhat ja uudet konstit apilanviljelyn menestykseen. Teoksessa A. Vanhatalo & M. Topi-Hulmi (toim.) *Puna-apilaa nurmiin ja ruokintapöydälle: Puna-apila tehokkaasti luomumaidoksi -tutkimushankkeen päätösseminaari 17.4.2007*. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu nro 25. Suomen Nurmijhdistys ry, 11–18.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A. (2013). Role of forage species and conservation method in ruminal lipid metabolism, mammary lipogenesis and milk fatty acid composition in lactating cows. Väitöskirja. Department of Agricultural Sciences – Publications 21. Haettu 23.4.2017 osoitteesta https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41735/halmemies_dissertation.pdf?sequence=1
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Vanhatalo, A., Toivonen, V., Heikkilä, T., Lee, M.R.F. & Shingfield, K. J. (2014). Effect of replacing grass silage with red clover silage on nutrient digestion, nitrogen metabolism, and milk fat composition in lactating cows fed diets containing a 60:40 forage-to-concentrate ratio. *Journal of Dairy Science* 97(6), 3761–3776.
- Hissa, P. (2013). Naudat ovat syntyneet kuidun käyttäjiksi. *KMVET* 7, 38.
- Holma, M. (2002). Puutteellinen ruokinta voi estää tiinehtymisen. *KMVET* 6, 34–35.
- Hulsen, J. (2008). Fertility. A practical guide for fertility management. Zutphen: Roodbont Publishers.
- Hulsen, J., Aerden, D. & Rodenburg, J. (2014). *Feeding Signals. A practical guide to feeding dairy cows for health and production*. Zutphen: Roodbont Publishers B.V.
- Jaakkola, S. (2010). Rehujen koostumus. Teoksessa J. Kyntäjä, S. Nokka & T. Harmoinen (toim.) *Lypsylehmän ruokinta*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 52–59.

Jaakkola, S., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2010). Tuotosvasteet. Teoksessa J. Kyntäjä, S. Nokka & T. Harmoinen (toim.) *Lyypsylehmän ruokinta*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 16–18.

Konsti, A. (2003). Kivennäinen säilörehun mukaan. *KMVET* 1, 28–29.

Kotimäki, J.-A. (2015). Viherlannoitusnurmesta monipuolista hyötyä. Teoksessa N. Toukoluoto & S. Peltonen (toim.) *Viljelykiertojen monipuolistaminen*. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto, 77–82.

Kuoppala, K. (2010). *Influence of harvesting strategy on nutrient supply and production of dairy cows consuming diets based on grass and red clover silage*. Väitöskirja. MTT Science 11. Haettu 2.4.2017 osoitteesta <http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/438301/mtttiede11.pdf?sequence=1>

Kuoppala, K. (2016). Palkokasveilla valkuaisomavaraista maidontuotantoa. Seminaari 12.12.2016, Hämeenlinna. Haettu 10.4.2017 osoitteesta http://www.ilmase.fi/site/wp-content/uploads/2016/11/Kuoppala_Palkokasvit_maito_VILMA-seminaari_12.12.16.pdf

Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S., Rinne, M. & Vanhatalo, A. (2006). Puna-apilasäilörehun solunseinäkuilu on erilaista kuin timoteinurminatasäilörehun. Teoksessa L. Rantamäki-Lahtinen & K. Partanen (toim.) *Maataloustieteen Päivät 2006*. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote nro 22. Vihti: Suomen Maataloustieteellinen seura, 72.

Kuoppala, K. & Hinkkanen, K. (n.d.). Puna-apila. Huomisen osaajat -hankkeessa tuotettu tietokortti. Haettu 14.4.2017 osoitteesta http://www.hamk.fi/tyoelamalle/hankkeet/valkuaisfoorumi/PublishingImages/Sivut/esitykset-ja-kirjoitukset/Apila_tietokortti.pdf

Kuusela, E. (2013). Luomumaidon edullinen rasvahappokoostumus ja omega-6/omega-3-suhde. Luomu- ja hyvinvointiseminaari 26.3.2013, Joensuu. Haettu 23.4.2017 osoitteesta <http://www.luomuliitto.fi/hallinta/wp-content/uploads/2013/04/Luomumaidon-rasvahappokoostumus.pdf>

Kyntäjä, J., Karlström, T., Rinne, M., Nousiainen, J., Palva, R. & Nokka, S. (2010). Pitkän tähtäimen ruokinnan suunnittelu. Teoksessa J. Kyntäjä, S. Nokka & T. Harmoinen (toim.) *Lyypsylehmän ruokinta*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 39–51.

Jaakkola, S., Rinne, M. & Nousiainen, J. (2010). Lehmän tärkeimmät ravintoaineet. Teoksessa J. Kyntäjä, S. Nokka & T. Harmoinen (toim.) *Lyypsylehmän ruokinta*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 11–18.

Luke Rehutaulukot. (2015). Rehutaulukot. Märehtijät. Haettu 1.4.2017 osoitteesta
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Rehutaulukot/marehtijat>

Moilanen, T., Hoppula, K. & Miettinen, E. (2007). Puna-apilan kasviestrogeenit nousuun. *Maaseudun Tiede* 18.6.2007, 7.

Mustonen, E. (2005). Kasviestrogeenien vaikutukset lampailla ja naudoilla -kirjallisuuskatsaus. *Suomen Eläinlääkärilehti* 5, 240–243.

Mustonen, E. (2007). Puna-apilan kasviestrogeenivaikutukset. Teoksessa A. Vanhatalo & M. Topi-Hulmi (toim.) *Puna-apilaa nurmiin ja ruokintapöydälle: Puna-apila tehokkaasti luomumaidoksi -tutkimushankkeen päätösseminaari 17.4.2007*. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu nro 25. Suomen Nurmijhdistys ry, 48–49.

Mustonen, E., Tuori, M., Saastamoinen, I., Nykänen-Kurki, P., Isoahti, M., Saloniemi, H. & Vanhatalo, A. (2006). Puna-apilalajikkeiden kasviestrogeenit. Teoksessa L. Rantamäki-Lahtinen & K. Partanen (toim.) *Maataloustieteen Päivät 2006*. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote nro 22. Vihti: Suomen Maataloustieteellinen seura, 74.

Niskanen, M. (2016). Puna-apila. Teoksessa N. Toukoluoto & A. Laine (toim.) *Peltokasvilajikkeet 2016*. Porvoo: ProAgria Keskusten Liitto, 73–75.

Nissinen, O. (2007). Puna-apila pärjää palkokasveista parhaiten. *Maaseudun Tiede* 18.6.2007, 7.

Nousiainen, J. (2011). Maidontuotanto. Teoksessa R. Aaltonen & S. Peltonen (toim.) *Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö*. Keuruu: ProAgria Keskusten Liitto, 4–11.

Nousiainen, J., Niskanen, H., Kainulainen, P. & Toivakka, M. (2010). Korjuun ajoitus. Teoksessa S. Peltonen, T. Puurunen & T. Harmoinen (toim.) *Nurmirehujen tuotanto ja käyttö*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 71–76.

Nousiainen, J. & Vanhatalo, A. (2010). Ympäristömittarit. Teoksessa J. Kyntäjä, S. Nokka & T. Harmoinen (toim.) *Lypsylehmän ruokinta*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 128–129.

Nousiainen, J., Vanhatalo, A. & Nokka, S. (2010). Maidon koostumusmittarit. Teoksessa J. Kyntäjä, S. Nokka & T. Harmoinen (toim.) *Lypsylehmän ruokinta*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 120–123.

Nyholm, L. (2017). Pellolta maitoa tilasäiliöön. Keskustelu esittelypisteellä 23.1.2017, Mustiala.

Nykänen, A. (2007). Määritä nurmen apilapitoisuus ja typen sidonta tilalasi. Teoksessa A. Vanhatalo & M. Topi-Hulmi (toim.) *Puna-apilaa nurmiin ja ruokintapöydälle: Puna-apila tehokkaasti luomumaidoksi - tutkimushankkeen päätösseminaari 17.4.2007*. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu nro 25. Suomen Nurmijhdistys ry, 19–22.

Nykänen, A. (2011). Apilat säilörehunurmissa. Teoksessa R. Aaltonen & S. Peltonen (toim.) *Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö*. Keuruu: ProAgria Keskusten Liitto, 27–35.

Pursiainen, P., Tuori, M., Kuoppala, K., Rinne, M., Huhtanen, P. & Vanhatalo, A. (2006). Puna-apilasäilörehun korjuuajan vaikutus maidontuotantoon. Teoksessa L. Rantamäki-Lahtinen & K. Partanen (toim.) *Maataloustieteen Päivät 2006*. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote nro 22. Vihti: Suomen Maataloustieteellinen seura, 222.

Puurunen, T. (2010). Talvituhot ja kasvitaudit. Teoksessa S. Peltonen, T. Puurunen & T. Harmoinen (toim.) *Nurmirehujen tuotanto ja käyttö*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 55–57.

Puurunen, T., Virkajärvi, P. & Nykänen, A. (2010). Rikkakasvien torjunta. Teoksessa S. Peltonen, T. Puurunen & T. Harmoinen (toim.) *Nurmirehujen tuotanto ja käyttö*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 49–55.

Rinne, M. (2014). Lehmien ruokinnan perusteet ja peruskäsitteet. Eläinterveyden tekijät -hankkeen seminaari 4.11.2014, Kuopio. Haettu 26.4.2017 osoitteesta https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/Tietosiilo/Rehutietoutta/Naudat/Rehuarvot_MRinne_4.11.2014.pdf

Rinne, M., Johansson, A., Johnsson, J-O., Leskinen, U-M., Nykänen, A., Pesonen, M., Tuominen, P., Turunen, U. & Suutarla, M. (2013). Lutune Märehtijäryhmä: Yksivuotiset laitumet luomutiloilla. Luomuneuvojen koulutuspäivät 17.12.2013, Helsinki. Haettu 19.4.2017 osoitteesta https://proagria.fi/sites/default/files/attachment/yksivuotiset_laitumet_luomutiloilla.pdf

Rinne, M. & Nousiainen, J. (2010). Rehuarvot ja rehujen sulavuus. Teoksessa J. Kyntäjä, S. Nokka & T. Harmoinen (toim.) *Lypsylehmän ruokinta*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 75–81.

Rinne, M. & Nousiainen, J. (2011). Lypsylehmä. Teoksessa R. Aaltonen & S. Peltonen (toim.) *Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö*. Keuruu: ProAgria Keskusten Liitto, 65–70.

Rinne, M., Nykänen, A., Nyholm, L. & Nousiainen, J. (2007). Huomioi kehitystytymä apilanurmen korjuussa. *Maaseudun Tiede* 18.6.2007, 10.

Saarijärvi, K. (2013). Poikivat kalsiumvalmennukseen. *KMVET* 2, 16–19.

Seuri, P. & Saarnia, M. (2016). Palkokasveista on moneksi: valkuaista, viherlannoitusta, maanparannusta. Ilmastoviisaita ratkaisuja maaseudulle - hankkeessa tuotettu tietokortti. Haettu 6.4.2017 osoitteesta <http://www.ilmase.fi/site/tietopaketit/palkokasveista-on-moneksi-valkuaista-viherlannoitusta-maanparannusta/>

Sipilä, A. & Nykänen, A. (2006). Puna-apila. Nurmitieto 2.1.3. *Suomen Nurmijhdistyksen ja MTT:n julkaisusarja*. Haettu 22.2.2017 osoitteesta http://www.nurmijhdistys.fi/Nurmitieto/NT_2-1-3.pdf

Stoddard, F. (2011). Viljelytekniikka. Teoksessa R. Aaltonen & S. Peltonen (toim.) *Valkuaisrehujen tuotanto ja käyttö*. Keuruu: ProAgria Keskusten Liitto, 40–45.

Suokannas, A., Nysand, M. & Niskanen, H. (2010). Korjuumenetelmät. Teoksessa S. Peltonen, T. Puurunen & T. Harmoinen (toim.) *Nurmirehujen tuotanto ja käyttö*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 77–84.

Tuori, M., Kuoppala, K., Pursiainen, P. & Munck, M. (2006). Korjuuajan vaikutus nurmipalkokasvien kivennäispitoisuuteen. Teoksessa L. Rantamäki-Lahtinen & K. Partanen (toim.) *Maataloustieteen Päivät 2006*. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote nro 22. Vihti: Suomen Maataloustieteellinen seura, 223.

Valio. (2016). Rehuanalyysin tulkinta/märehtijät. Rehuanalyysin tulkinta-ohje.

Vallinhovi, S. (2017). Valkuaista omilta pelloilta. *Maito ja Me* 22.2.2017. Haettu 5.3.2017 osoitteesta <http://www.maitojame.fi/articles/valkuaista-omilta-pelloilta/9529244>

Vanhatalo, A. (2010). Ravintoaineiden sulatus ja käyttö. Teoksessa J. Kyn-täjä, S. Nokka & T. Harmoinen (toim.) *Lypsylehmän ruokinta*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 27–38.

Vanhatalo, A. & Jaakkola, S. (2006). Onko puna-apilassa potentiaalia? Teoksessa L. Rantamäki-Lahtinen & K. Partanen (toim.) *Maataloustieteen Päivät 2006*. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote nro 22. Vihti: Suomen Maataloustieteellinen seura, 75.

Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. & Rinne, M. (2006). Puna-apilasäilörehun vaikutus lypsylehmien ravintoaineiden saantiin. Teoksessa L. Rantamäki-Lahtinen & K. Partanen (toim.) *Maataloustieteen Päivät*

2006. Suomen Maataloustieteellisen seuran tiedote nro 22. Vihti: Suomen Maataloustieteellinen seura, 221.

Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Pursiainen, P., Rinne, M. & Tuori, M. (2007). Puna-apila ja rypsi lypsättävät hyvin. *Maaseudun Tiede* 18.6.2007, 11.

Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Rinne, M., Pursiainen, P. & Tuori, M. (2007). Puna-apilasäilörehu lypsylehmien ruokinnassa. Teoksessa A. Vanhatalo & M. Topi-Hulmi (toim.) *Puna-apilaa nurmiin ja ruokintapöydälle: Puna-apila tehokkaasti luomumaidoksi -tutkimushankkeen päätösseminaari 17.4.2007*. Suomen Nurmijhdistyksen julkaisu nro 25. Suomen Nurmijhdistys ry, 34–41.

Virkajärvi, P., Saarijärvi, K. & Nykänen, A. (2010). Nurmien lannoitustarve. Teoksessa S. Peltonen, T. Puurunen & T. Harmoinen (toim.) *Nurmirehujen tuotanto ja käyttö*. Hämeenlinna: ProAgria Keskusten Liitto, 58–66.

Yli-Halla, M. (2009). Ravinnekierrot. Teoksessa J. Peltonen & T. Harmoinen (toim.) *Ravinteet kasvintuotannossa*. Keuruu: ProAgria Keskusten Liitto, 14–19.